套料软件在机车钢结构下料中的应用

曲志远　梁红波

我公司在试制HXD1B型电力机车期间引入Sigma NEST编程套料系统，经过短期的系统调试后，迅速适应株机公司钢结构下料工况，有效缩短工艺准备周期，均衡数控下料设备负荷、降低，编程套料人员劳动强度，显著提高了产品切割质量和钢板的利用率与切割效率。

1. 软件主要功能及其特点

Sigma NEST套料软件是美国Sigma TEK公司开发的一款集画图、自动编程套料以及切割模拟校验和成本计算为一体的全自动套料软件。该软件主要功能有CAD兼容与优化、交互式编程与套料，共边与连续切割、余料套料、以及输出信息丰富的报表。其可适应不同切割机控制系统，进一步优化套料编程方式，从而提升产品质量与材料利用率。

2. 切割下料常见质量问题及其应对措施

（1）切割下料常见质量问题及其原因分析　切割口质量差：在HXD1B、HXD1C型机车下料中，切割方式主要有火焰切割、等离子切割、激光切割及剪切等。火焰切割口质量差主要表现为切割上边缘熔塌、切割断面凹凸不平且断面粗糙，有明显的可见裂纹；等离子切割口质量差

全周旋转完成相贯线焊缝；另一端安装到焊接机器人回转变位机标准夹具上，全周旋转完成相贯线焊缝。

产生质量问题：江铃对驭胜SUV配件总成检查时，发现一根推力杆总成一端只有点焊固定。经分析：操作工疏忽。采取的永久性措施：设计专用夹具（见图4）。夹具特点：①安装简单，三个焊接零件一起安装，无需各零件间点焊固定。②保证焊接一次完成，避免一端出现漏焊，实现工装防错。

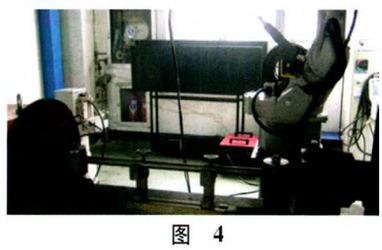


图　4

这套夹具给工艺带来了很大的改进。现行工艺：分散零件能全部安装到夹具上，零件准确定位夹紧，机器人焊完一端相贯线焊缝，再焊另一端相贯线焊缝，一个程序内完成。对比前后工艺改进点：①一次焊接完成，实现工装防错，不会出现漏焊的现象。②取消了点焊工序，降低了成本。③产品一次装夹完成，提高了产品的精度，同时省去了一次装夹过程，避免了操作工时间的浪费。

（5）焊接参数　现有二十余种产品，具体焊接参数应根据产品而定，如附表所示。

焊接参数

焊接方法	焊接材料		电弧电压/V	焊接电流/A
	牌号	规格/mm		
MAG	JQ.MG50—6	ϕ1	19～25	160～200
焊接速度/mm·s^{-1}	保护气体成分		气体配比	气体流量/L·min^{-1}
6～12	CO_2+Ar		1:4	10～15

3. 结语

公司经过多年的生产，为满足客户的需求，不断对产品的焊接工艺进行改进、完善。成熟、稳定的焊接工艺使得产品成本低，高质量得以实现，公司经济效益良好。

作者简介：唐海祥，绍兴金江机械有限公司技术部副经理。

MW 20140114

主要表现为切口角度大、断面粗糙；激光切割口质量差主要表现为材料割不透或材料过烧等。分析该三种切割方式切口质量差的原因主要是切割设备状态不佳，切割参数设置不好，切割速度控制不当，工艺编制不合理等。

尺寸超差：切割产品尺寸超差是切割过程中板材受热不均导致局部歪曲变形，单个零件编程尺寸出现错误等造成。究其原因，主要是切割速度控制不当、切割顺序和方向编制不合理、打火点选择不合理以及编制的零件图形尺寸错误等。

（2）常见质量问题的应对措施　切割速度控制：切割速度一般与板材厚度、切割嘴型号有关，实际控制也由切割程序和切割机控制系统共同影响。在切割下料过程中，零件直线边切割质量较好控制，而其直角转弯及圆弧处切割质量控制难度相对增大。在实际切割编程中，零件直线边切割速度相对较高，直角转弯及圆弧处切割速度相对较低。如HXD1B型机车板厚为12mm的某零件等离子切割直线边切割速度为1 400mm/min，直角转弯处切割速度为1 260mm/min。

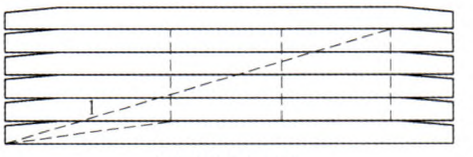
打火点及引入线的选择：在零件切割过程中特别是厚钢板（超过30mm）切割过程中，打孔时间相对较长，易产生或出现影响质量的常见问题和不确定因素，较为理想的解决方法是将切割件的打火点设置在钢板边缘外或已割零件的割缝中间。另外，为防止板材过热等因素，在打火定位过程中要保持零件未切割边始终与钢板材料大部分连接，才能尽可能的减少零件本身重力和其热膨胀而产生的移位。

“引入线”是从板材向零件切割引入的一段线，科学的引入位置是解决弧坑出现，割口断面粗糙，避免废品形成的重要手段。最理想的引入方式是直线段加圆弧引入，沿切割边的切线方向逐渐逼近，以实现割口截面的光滑过渡和提升零件的合格率。在HXD1B型机车下料中，理想的火焰切割引入线参数如附表所示。

切割变形控制：首先，切割顺序：切割顺序是指对钢板上若干大小嵌套的套排零件依次进行切割的顺序。一般应遵循“先内后外，先小后大”的原则，即先切割产品的内轮廓（或内轮廓中嵌套的零件），后切割外轮廓，先切割面积小的零件，后切割大尺寸零件。否则,在已脱离母材而靠自重又不足以维持可靠定位的钢板上切割内轮廓或其他小零件，会造成进一步变形，使零件合格率的提高困难加大。

其次，切割方向：正确的切割方向应该保证零件最后一条切割边与母材大部分脱离，过早地与母材大部分离，会使材料周边的边角框难以抵抗切割过程中出现的热变形应力，造成切割件移位增大，尺寸超差。

最后，设置过桥点：在HXD1B型机车下料中，某产品属于细长件，长宽比例达到21:1，用等离子切割下料热变形常常较大，因尺寸超差而造成产品报废。控制此类细长零件切割热变形，编程时不仅要设计更好的切割顺序、切割方向，还需要考虑设置过桥点，以进一步降低其变形量。附图为某零件设置的过桥点。



切割过桥点设置

3. 结语

通过对Sigma NEST套料软件采取一系列的“本土化”措施，使其很快适应了公司钢结构下料工况，在有效提高下料质量的同时，不仅缩短了生产加工周期，提高了材料利用率，而且使公司在HXD1B和HXD1C机车制造中，收到良好的经济效益。据统计，Sigma NEST套料软件使用近4年来，累计节约资金已超过2 000万元，具有很好的推广应用价值。

火焰切割引入参数

板厚/mm	8	10	12	16	18
引入线	10/r4	10/r4	12/r6	12/r6	12/r6
板厚/mm	20	25	30	40	50
引入线	15/r8	15/r8	15/r8	15/r8	20/r8
板厚/mm	60	70	100	120	—
引入线	20/r8	30/r8	30/r0	40/r10	—

作者简介：曲志远等，南车株洲电力机车有限公司备料分厂工程师。

MW 20140108